4A

УДК 681.21

І.В. Андрушко
Івано-Франківський інститут менеджменту та економіки «Галицька Академія», м. Івано-Франківськ, Україна

Розпізнавання передаварійних та аварійних ситуацій діагностованих промислових об'єктів на основі логіко-статистичних інформаційних моделей

Досліджені можливості контролю та керування великими промисловими об'єктами та вироблені рекомендації з методології вирішення такого класу задач за допомогою логіко-статистичних інформаційних моделей.

Вступ

Важливим напрямком для розвитку інформаційних технологій та удосконалення роботи великих промислових підприємств в цілому є вирішення задачі контролю станів промислових об'єктів та визначення аварійних та передаварійних відхилень основних параметрів. Подібні задачі на практиці реалізовуються різними способами. Один з яких ґрунтується на використанні методології логіко-статистичних інформаційних моделей [1-4].

Для практичного застосування методології побудови логіко-статистичних моделей різних рівнів найдоцільніше вибирати реальний багатопараметричний технологічний об'єкт. Середовищем дослідження, апробації та впровадження визначеної системи обрано ВАТ «Івано-Франківськцемент». Це підприємство за своєю потужністю та оборотами посідає одне з перших місць в західному регіоні. Не дивно, що усі процеси на ньому є високотехнологічними. Вражає оснащеність, кваліфікація персоналу та новітність технологій. Проте саме для таких об'єктів, що характеризуються високими технологіями та, водночас, відносяться до категорії небезпечних, і є найбільша необхідність у більш детальному контролі і завчасному керуванні задля уникнення аварійних ситуацій.

1. Технічні характеристики об'єкта та процесу

Об'єктом дослідження було вибрано комплексну систему обертової печі, схема якої зображена на рис. 1.

Технологічний процес виробництва цементного клінкеру складається з наступних основних операцій:

– видобуток сировини (розробка кар'єрів);
– приготування сировинної суміші (сировинний переділ);
– спікання клінкеру (випал).

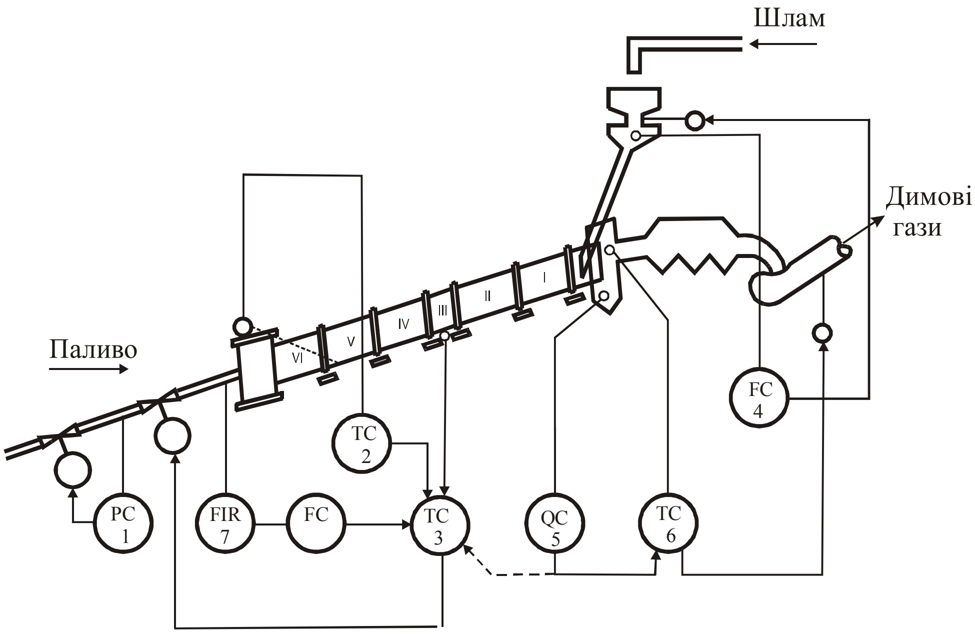


Рисунок 1 – Функціональна схема обертової печі

Дві перші операції є підготовчими, які визначають фізико-хімічні властивості шламу, що поступає на випал в обертовій печі і отримання клінкеру, як основного матеріалу для виробництва портландцементів різних видів і марок.

Основною операцією у всьому циклі виробництва цементу є випал шламу і отримання клінкеру необхідної якості за хімічним, мінеральним складом і фізичними характеристиками.

Запобігання появі аварійних ситуацій, зменшення часу на ліквідацію їх наслідків – це задачі, які повинна вирішувати будь-яка система автоматизованого контролю, регулювання і керування об'єктом із метою дотримання вимог регламенту технічної діагностики і прогнозування можливих відхилень від технологічного процесу.

Створення алгоритмів оптимального керування таким складним технологічним об'єктом, як обертова піч, є досить важкою задачею. Це пов'язано з неможливістю незалежного регулювання роботи окремих зон печі, із наявністю взаємозв'язків багатьох явищ, які відбуваються при випалі, із труднощами отримання інформації про протікання процесу і контролю цілої низки вхідних, проміжних і вихідних параметрів, із тривалим перебуванням матеріалів у печі. Крім того, на процес суттєво впливає велика кількість неконтрольованих збурень процесу. Отримання цементного клінкеру є безперервним процесом нагріву подрібненої і ретельно перемішаної сировинної суміші і охолодження випаленого клінкеру, що супроводжується перетворенням і взаємодією сировинних компонентів і проміжних продуктів випалу. Визначення оптимального режиму роботи печі зводиться до вибору сировини і палива, витрат і швидкості первинного і вторинного повітря, коефіцієнта надлишку повітря, складу вологості і складу дисперсності сировинної суміші. Оскільки стабілізація якості сировинної суміші забезпечується системою автоматизації сировинного переділу, то основною задачею керування процесом випалу є стабілізація витрат сировинної суміші, палива і повітря. Крім того, необхідна оптимізація величин сировинної суміші, що подається на випал.

Із технічної точки зору, вимагається забезпечити нагрівання всієї товщі матеріалу до необхідної температури з наступною витримкою його протягом часу, що потрібний для завершення всіх процесів утворення клінкеру. На мінералогічну структуру суттєвий вплив має також швидкість нагрівання.

Таким чином, технологія процесу випалу ставить наступну основну вимогу до режиму спалювання палива: досягнення необхідної температури горіння палива і довжини факела, які забезпечують необхідний час перебування випалюваного матеріалу в зоні спікання.

Крім того, відомі залежності між температурою суміші та її фізико-хімічним складом, роблять температурні фактори достатньо вірогідними для використання їх як керуючі параметри.

Регулюванням (зміною) витрати шламу на вході в піч і тиску газу можна стабілізувати вхідні параметри печі. Вологість матеріалу в печі (зона дегідратації) можна характеризувати зв'язаним із нею непрямим параметром – температурою вихідних газів. Регулювати вологість можна шляхом зміни кількості вторинного повітря печі в залежності від температури газів у пиловій камері.

Надлишок повітря в печі, який характеризується вмістом кисню у відпрацьованих газах, забезпечує стабільність і економічність процесу горіння палива шляхом зміни кількості вторинного повітря в залежності від вмісту кисню у відпрацьованих газах. Недостатня кількість у газах кисню свідчить про недопал, надлишок – показує, що через піч проходить деяка кількість надлишкового (баластного) повітря, який відбирає і виносить з печі частини тепла, отриманого при горінні, а також викликає підвищений винос пилу з печі.

Якість випалу клінкеру в зоні кальцинування досягається шляхом регулювання температури в цій зоні, шляхом зміни кількості паливного газу, що подається в піч. Між цими параметрами існує однозначна залежність, що дозволяє змінювати кількість паливного газу в залежності від температури матеріалу в зоні кальцинування. Така ж залежність існує для зони випалу (спікання), яка реалізується шляхом зміни кількості паливного газу в залежності від якості випалу.

2. Методологічна основа контролю станів об'єкта

Для програмної реалізації комплексної системи контролю технологічних параметрів обертової печі на основі методології побудови логіко-статистичних інформаційних моделей автором було розроблено пакет функціональних програмних модулів із інтерфейсним відображенням поточного стану системних параметрів та реакцію логіко-статистичних інформаційних моделей на їх поведінку в режимі реального часу.

Вихідними даними для реалізації поставленої задачі має бути динамічний масив даних з накопиченням інформації в часовому розрізі. Найпростішим, з практичної точки зору, є створення тестових файлів із табульованими значеннями контрольованих параметрів. Такий підхід до вирішення задачі дозволить не тільки динамічно контролювати, а й вести історію зміни вхідних величин.

Алгоритм побудови логіко-статистичної моделі виявлення амплітудних відхилень контрольованого параметра [1] ґрунтується на основі методології динамічного визначення ковзного математичного сподівання (1).

$$M_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1+j}^{n+j} x_{i+j} . \tag{1}$$

Порівнюючи отримане значення ковзного математичного сподівання із заданою апертурою амплітудної зміни параметра, отримуємо послідовність ЛСІМ-1 (2).

$$L_1 = \begin{cases} 0, & M_j \in \varepsilon_1 , \\ 1, & M_j \notin \varepsilon_1 . \end{cases} \tag{2}$$

Згідно з відповідним алгоритмом, масив даних **Uі** поступово зсувається в режимі реального часу та в межах діапазону [**0; m**], який визначається зміною параметра **j**, слугує для визначення ковзного математичного очікування **Mj**. Порівнюючи отримані значення ковзного математичного очікування із верхньою (**εв**) та нижньою (**εн**) межею амплітудної апертури даного параметра, ми формуємо послідовність зміни логіко-статистичної інформаційної моделі першого рівня **L1(j)**. Визначена функція приймає тільки два значення. Якщо **Mj** потрапляє в діапазон амплітудної апертури, функція набуває величини 1, а інакше – 0.

Більш складнішим виглядає алгоритм визначення динамічних відхилень об’єкта контролю та керування [2]. В його основу лягли елементи кореляційного аналізу, а саме було використано ковзну автокореляційну функцію (3) для аналізу проміжних діапазонів зміни параметра на предмет його динамічних змін.

$$R_{xx}(j) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1+k}^{n+k} \overset{0}{x}_{i+k} \cdot \overset{0}{x}_{i+k+j} \,. \tag{3}$$

Діапазон допустимого відхилення по динаміці послідовних $R_{xx}(j)$ визначається заданою апертурою ε_2. Таким чином, в цілому, ми отримуємо динамічну послідовність ЛСІМ-2 (4).

$$L_2 = \begin{cases} 0, & R_{xx}(j) \in \varepsilon_2, \\ 1, & R_{xx}(j) \notin \varepsilon_2. \end{cases} \tag{4}$$

Аналогічно до попереднього алгоритму масив даних ***Ui*** по кроку зміщується в режимі реального часу. В межах наперед визначеного діапазону розраховується ковзне значення автокореляційної моделі ***Rxx(j)***. Апертурою моделі другого рівня для ковзної автокореляційної функції є період її затухання та значення, до якого прямує функція. Саме відповідність апертурі ***ε2*** визначатиме чи набуватиме функція ***L2(j)*** значення ***1*** (***Rxx(j)*** входить в межі апертури) або ***0***.

В побудові алгоритму логіко-статистичної інформаційної моделі визначення фазових відхилень використано теорію взаємокореляційних моделей [2]. А точніше, використано принцип визначення нормованої кореляції між динамічним потоком даних та еталонною послідовністю зміни параметра (5).

$$\rho_{xy}(0) = \frac{\sum_{i+k}^{n+k} \overset{o}{x}_{i+k} \cdot \overset{o}{y}_{i+k}}{\sqrt{\sum_{i+k}^{n+k} (\overset{o}{x}_{i+k} - M_x)^2 \cdot \sum_{i+k}^{n+k} (\overset{o}{y}_{i+k} - M_y)^2}} \,. \tag{5}$$

Якщо фазові відхилення потоку даних від еталонної зміни в межах норми, то значення нормованої взаємокореляційної функції знаходяться в околі одиниці. Таким чином, формується динамічна послідовність ЛСІМ-3 (6).

$$L_3 = \begin{cases} 0, & \rho_{xy}(0) \neq 0, \\ 1, & \rho_{xy}(0) = 0. \end{cases} \tag{6}$$

Особливістю використання цієї моделі є використання в алгоритмі наперед визначеної еталонної зміни відповідного параметра. В циклі покрокової зміни масиву даних ***Ui*** паралельно прокручується масив еталонної зміни параметра. Використовуючи аналітику нормованої кореляції (***ρxy***) для цих двох потоків даних,

ми отримуємо алгоритм визначення значень логіко-статистичної інформаційної моделі третього рівня для відслідковування фазових відхилень масиву даних по відношенню до заданого еталона зміни параметра. Якщо фаза значень параметра не відхиляється від еталонної норми, то значення функції $L_3(j)$ рівне одиниці. Якщо наявні відхилення, тоді її значення може коливатися в межах [***-1; 1***).

Більш узагальненим виглядає побудова алгоритму логіко-статистичної інформаційної моделі для комплексного аналізу зміни всіх технологічних параметрів процесу [2]. Також в цій методології використано елементи кореляційного аналізу для визначення нормованої взаємокореляції (7) між параметрами процесу.

$$\rho_{xy}(0) = \frac{\frac{1}{m}\cdot\sum_{i=1}^{m}\overset{o}{x}\cdot\overset{o}{y}}{D_{xy}}. \tag{7}$$

На основі визначених динамічних коефіцієнтів взаємокореляції формується загальна матриця взаємокореляції процесу (8).

$$\rho = \begin{vmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1i} & \cdots & \rho_{1m} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \cdots & \rho_{2i} & \cdots & \rho_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \rho_{j1} & \rho_{j2} & \cdots & \rho_{ji} & \cdots & \rho_{jm} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \cdots & \rho_{ni} & \cdots & \rho_{nm} \end{vmatrix}. \tag{8}$$

На основі цієї матриці складається наведений нормований взаємокореляційний функціонал ρ_k^*, з якого обчислюється динамічне значення глобальної дисперсії $D_{\rho_k^*}$ (9)

$$D_{\rho_k^*} = \frac{1}{k}\cdot\sum_{i=1}^{k}(\rho_k^*)^2. \tag{9}$$

Для реалізації цього алгоритму використовується матричний підхід до аналізу вхідних даних. Особливістю цього методу є використання вхідного масиву даних всіх важливих параметрів в режимі реального часу U_{ij}. З масиву, в режимі реального, без зсуву, формується матриця ρ нормованої взаємокореляції параметрів між собою. Діагональ цієї матриці складена з одиниць. Інформативними та рівноцінними є обидві частини матриці, які розділені цією діагоналлю. Сформувавши послідовність цих елементів в один ряд $\rho_к$, ми отримаємо взаємокореляційний функціонал. Згорнувши його в значення дисперсії, отримаємо поточне значення глобальної дисперсії процесу $\rho^*_к$. При знаходженні $\rho^*_к$ в межах наперед визначеної апертури ε_5 значення $L_5(j)$ буде рівне одиниці. В іншому випадку модель сигналізуватиме загальне відхилення від норми технологічного процесу в розрізі визначених параметрів, а функція $L_5(j)$ набуде нульового значення.

3. Програмна реалізація методології контролю аварійних ситуацій

Об'єктом контролю, в нашому випадку, виступає багатопараметрична функціональна система. Від контролю, який ведеться за зміною основних її параметрів, залежить якість продукції на виході, а також стан самої системи в цілому.

Наведемо функціональну мнемосхему об’єкта із зазначенням основних параметрів (рис. 2).

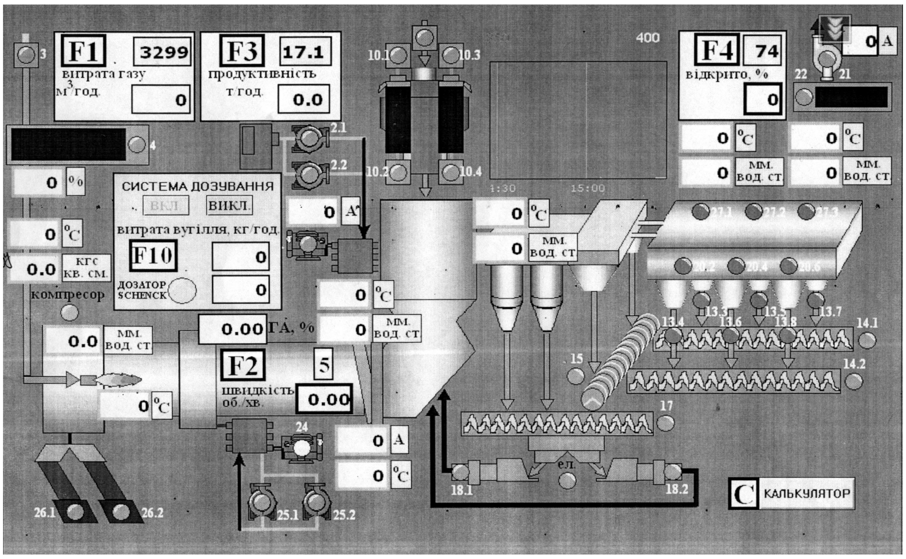


Рисунок 2 – Мнемосхема системи контролю та керування

В якості прикладу наведемо поточну зміну основних параметрів печі та проконтролюємо реакцію на неї логіко-статистичних інформаційних моделей різних рівнів, з метою визначення передаварійної ситуації чи відхилення від технологічного процесу.

На рис. 3 показано поточну зміну тиску, розрідження, температури в різних точках технологічного процесу, а також струм на обмотках обертових електродвигунів печі.

При контролі динамічної зміни всіх параметрів було зафіксовано відхилення глобальної дисперсії від заданої апертури (рис. 4), що вказує про відхилення від норми одного з параметрів процесу. Тобто, таким чином, розпізналася ситуація, яка класифікується як аварійна або передаварійна.

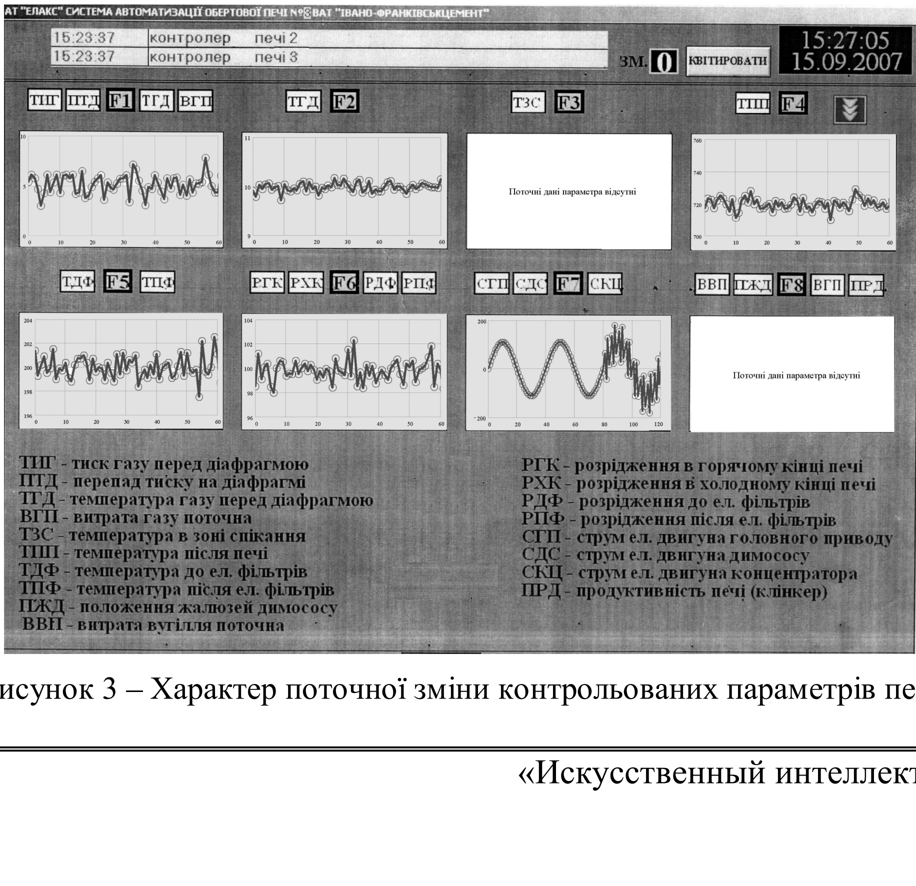


Рисунок 3 – Характер поточної зміни контрольованих параметрів печі

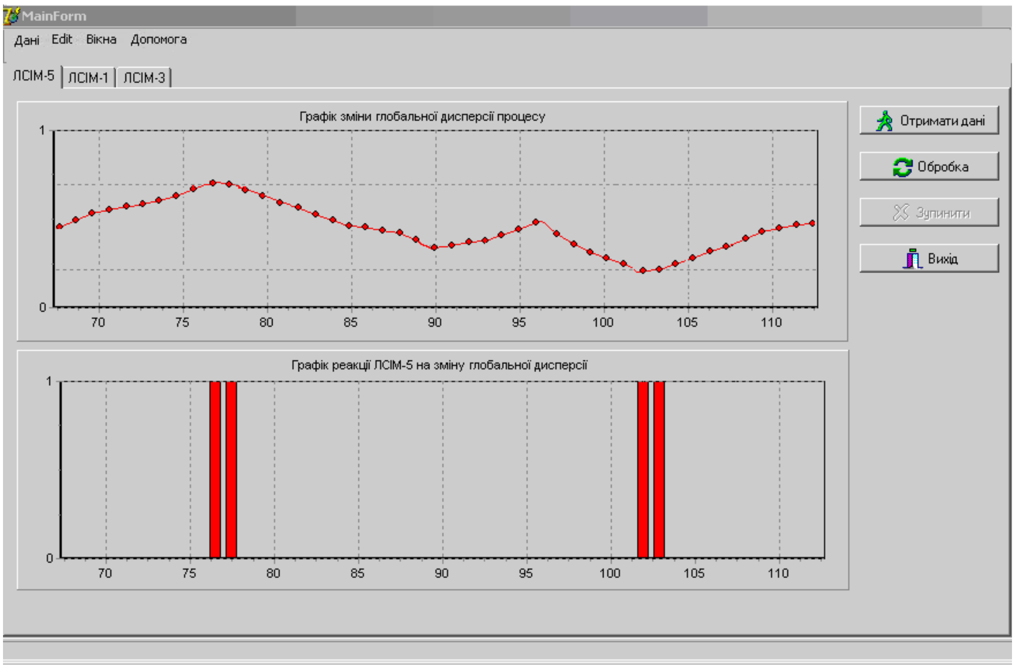


Рисунок 4 – Реакція ЛСІМ-5 на відхилення процесу від норми

Більш детальний аналіз ситуації, що виникла, показав, що відбулися коротко-часові, періодичні фазові відхилення на обмотках електродвигуна обертання печі, про що сигналізувала логіко-статистична інформаційна модель третього рівня.

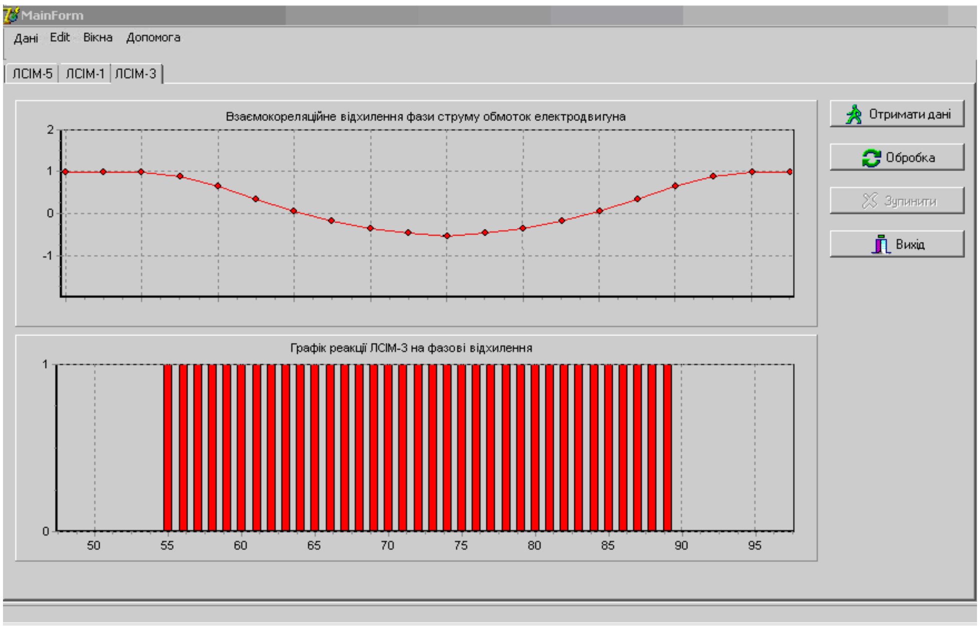


Рисунок 5 – Реакція ЛСІМ-3 на фазові відхилення параметра процесу

Висновки

Таким чином, розвинута методологія використання систем ЛСІМ різних рівнів для розпізнавання передаварійних та аварійних ситуацій може бути поширена практично на усі діагностовані промислові підприємства. Гнучкий підхід не дає загро-

мадження автоматизованої системи неінформативними моментами, але у потрібний момент дає можливість звернути увагу на відхилення, які можуть вплинути на якість продукції та на об'єкт в цілому.

Література

1. Идентификация информационных состояний объектов исследования на основе системы логико-статистических информационных моделей / Я.М. Николайчук, М.А. Лучук, Л.И. Жуган, Б.М. Шевчук. – Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР. – Киев, Препринт 88-45 ИК АН УССР. – 1988.
2. Nikolaychuk Y., Andrushko I. Theoretical Bases of Logical Statistic Informative Models And Prospect of Their Application In The Distributed Computer Systems // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції CADSM 2005. – Львів: «Поляна», 2005.
3. Андрушко І.В., Цибаньов М.М. Практичні основи технології формування логіко-статистичної інформаційної моделі на основі глобальної дисперсії // Вісник Хмельницького національного університету. – Т.1, № 2. – С. 83-85.
4. Андрушко І.В. Інформаційна технологія формування логіко-статистичної інформаційної моделі на основі глобальної дисперсії // Вестник Херсонского национального технического университета. – Вып. 2 (25). – Херсон: ХНТУ, 2006. – 581 с.; С. 19-22.

И.В. Андрушко
Распознавание предаварийных и аварийных ситуаций диагностируемых промышленных объектов на основе логико-статистических информационных моделей
Исследованы возможности контроля и управления большими промышленными объектами и выработаны рекомендации по методологии решения такого класса задач с помощью логико-статистических информационных моделей.

I.V. Andrushko
Possibilities are investigational to control and management large industrial objects and mined-out recommendation for methodologies of decision of similar tasks by logical-statistical informative models.

Стаття надійшла до редакції 09.07.2008.